

**Capítulo 87**  
**Análise de benefício/custo**

**“O que brilha mais que o ouro- resposta: a luz. O que brilha mais  
que a luz? –resposta: a troca de idéias.  
Goethe, poeta alemão**

## SUMÁRIO

<b>Ordem</b>	<b>Assunto</b>
87.1	Introdução
87.2	Custos
87.3	Custos diretos
87.4	Custos indiretos
87.5	Custos médios
87.6	Inclusão das bacias de detenção no plano de macrodrenagem
87.7	Benefícios
87.8	Benefícios anuais de evitar os danos diretos
87.9	Benefícios anuais de evitar os danos ocasionados pelo tráfego
87.10	Análise benefício custo
87.11	Definições
87.12	Engenharia economica: valor presente
87.13	Bibliografia e livros consultados

## Capítulo 87- Análise de benefício/custo

### 87.1 Introdução

A análise de benefício/custo deve ser sempre efetuada com bastante bom senso. A apuração dos custos e dos benefícios deverá ser bastante discutida para não haver equívocos.

Em curso de pós-graduação efetuado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1969 denominado: Aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos tive como professor o dr. **José Meiches** que nos mostrou diversos exemplos de aplicação da análise benefício-custo, principalmente do *Tennessee Valley Authority* (TVA), bem que nos ensinou o uso do *Green Book*, famoso na época. O TVA tinha como principais objetivos: navegação, controle de enchentes e geração de eletricidade.

James e Lee, 1971 mostram no seu livro *Economics of water resources planning* que a análise de benefício-custo pode ser aplicada não só a enchente em macrodrenagem que é o objetivo principal deste capítulo, mas também a:

- Enchentes em macrodrenagem (este capítulo)
- Enchentes em microdrenagem
- Abastecimento de água
- Produção de energia elétrica
- Navegação
- Controle de qualidade da água em rios
- Recreação
- Pesca
- Análise múltipla de recursos hídricos

É importante salientar que a análise de benefício-custo é recomendada no **Plano de Drenagem e Manejo de águas pluviais** da Prefeitura Municipal de São Paulo lançado em **dezembro de 2011**.

A **Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007** que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico estabelece no Artigo 49 os objetivos da política federal de saneamento básico no item V- assegurar que a aplicação dos recursos financeiros administrados pelo poder público dê-se segundo critérios de promoção da salubridade ambiental, de **maximização da relação benefício-custo** e de maior retorno social.

Portanto, como podemos ver, o uso da análise benefício-custo é bem atual, bastando conhecer os fundamentos do método para a sua aplicação e lembrando a importância dos problemas ambientais.

James e Lee, 1971 dão ênfase na análise de benefício-custo alguns conceitos muito importantes.

Primeiramente é feita uma comparação da situação sem as obras e da situação com as obras. É a comparação “com” ou “sem”.

James e Lee, 1971 propõem que cada proposta de estudos para análise de benefício-custo deve passar por 5 (cinco) testes de viabilidade:

1. **Viabilidade técnica de engenharia:** deve ser verificado se a solução apresentada se encontra dentro dos textos e padrões de engenharia.
2. **Viabilidade financeira:** são verificados a fonte de recurso com os fundos disponíveis no mercado.
3. **Viabilidade econômica** é testada para ver se o total de benefícios do projeto excedem o custo, sempre na visão “sem o projeto” e “com o projeto”.
4. **Viabilidade política:** deve ser verificado se não existe grupos fortes contra o projeto
5. **Viabilidade social** verificar se com o novo projeto haverá impacto na vida das pessoas e se estas se adaptarão facilmente.
6. **Viabilidade ambiental (colocado por nós)**

## 87.2 Custos

Conforme Wanielista, 1993 citado por Canholi em sua tese de doutoramento na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1995, o custo de um sistema de drenagem urbana pode ser classificado em três categorias básicas:

investimento;  
operação/manutenção e  
riscos.

Os *custos de investimento* incluem os desembolsos necessários para os estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações. Referem-se portanto aos custos de implantação da solução.

Os *custos de operação e manutenção*, referem-se às despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e outras, relativas à execução dos reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante toda a vida útil da estrutura.

Os *custos dos riscos*, referem-se aos valores correspondentes aos danos não evitados, ou seja, aos custos devidos aos danos residuais relativos a cada alternativa de proteção. Pode tanto ser medido pela estimativa dos danos como pelos custos de recuperação da área afetada.

Os custos ainda podem ser classificados em:

*Custos diretos*  
*Custos indiretos*

### 87.3 Custos diretos

Os *custos diretos* envolvem as obras civis, os equipamentos elétricos e mecânicos, a relocação das interferências, as desapropriações e os custos de manutenção e operação.

São os custos diretamente alocáveis às obras. São de quantificação simples, a partir da elaboração de um projeto detalhado e do cadastro pormenorizado das obras de infra-estrutura existente (gás, eletricidade, telefone, água, esgoto) que serão afetadas pelas obras.

Os custos de manutenção podem ser estimados, através de previsões da periodicidades e equipes/equipamentos necessários para as realizações de tais serviços.

### 87.4 Custos indiretos

Os *custos indiretos* são relativos á interrupções de tráfego, dos prejuízos ao comércio, às adequações necessárias ou custos não evitados no sistema de drenagem a jusante, bem como os danos não evitados no período construtivo.

Desta maneira pode-se ressaltar os benefícios inerentes às soluções que envolvem menores prazos de construção e/ou que causam menores interferências com os sistemas existentes.

A quantificação dos custos das obras de adequação hidráulica da canalização a jusante pode se tornar complexa à medida em que as bacias sejam de grandes dimensões.

Entretanto, a verificação de tal necessidade e a quantificação dos custos envolvidos, mesmo a nível preliminar, pode contribuir enormemente na escolha da solução mais indicada (Canholi,1995).

### 87.5 Custos médios

Canholi, 1995 apresenta na Tabela (87.1) preços médios em dólar americano.

**Tabela 87.1-Estimativa dos preços unitários médios**

Serviços	unid	Preço unitário US\$
Escavação mecânica para valas	m <sup>3</sup>	4,50 a 5,10
Escavação mecânica de córrego	m <sup>3</sup>	2,50 a 2,80
Carga e remoção de terra a distância média de 20km	m <sup>3</sup>	14,00 a 15,00
Fornecimento de terra incluindo carga, escavação e transporte até a distância média de 20km	m <sup>3</sup>	16,00 a 17,00
Compactação de terra média no aterro	m <sup>3</sup>	3,50 a 3,80
Demolição de pavimento asfáltico	m <sup>2</sup>	5,00 a 5,50
Pavimentação	m <sup>2</sup>	38,00 a 40,00
Fornecimento e assentamento de paralelepípedo	m <sup>2</sup>	29,00 a 31,00
Fornecimento e assentamento de tubos de concreto armado CA-2, diâmetro 1,00m	m	146,00 a 150,00
Boca de lobo simples	un	400,00 a 420,00
Poço de visita	un	640,00 a 660,00
Escoramento com perfis metálicos	m <sup>2</sup>	87,00 a 100,00
Concreto armado moldado "in loco" (inclui formas e armaduras)	m <sup>3</sup>	420,00 a 480,00
Fornecimento e colocação de gabião tipo caixa	m <sup>3</sup>	142,00 a 158,00
Fornecimento e escavação de estaca de concreto para 30 ton.	m	40,00 a 45,00

**Fonte: Canholi, tese de doutoramento EPUSP, 1995**

### Exemplo 87.1

Em São Paulo é comum para determinação dos custos das obras o uso da *Tabela de custos unitários da Secretaria de Vias Públicas do município de São Paulo*, publicada no Diário oficial do município (DOM).

Os custos que vamos apresentar são de outubro de 1999 e apresentados no Diagnóstico da bacia superior do ribeirão dos Meninos que faz parte do plano diretor de macrodrenagem da bacia hidrográfica do Alto Tietê.

Vamos reproduzir como exemplo os custos previstos do reservatório de detenção denominado TM8- do ribeirão dos Meninos em São Paulo elaborado em 1999 pelo DAEE estão na Tabela (87.2).

**Tabela 87.2 – Bacia superior do ribeirão dos meninos, córregos Saracantan/água mineral reservatório de amortecimento de cheias TM-8**

Serviços	Unidade	Quantidade	Preços	
			1US\$= R\$ 1,936	
			Unitário (US\$)	Total (US\$)
<b>Movimento de terra</b>				
Limpeza do terreno, inclusive da camada vegetal	m <sup>2</sup>	18.000	0,16	2.882,23
Demolição de concreto armado	m <sup>3</sup>	384	41,52	15.943,14
Escavação mecânica	m <sup>3</sup>	96.190	1,95	187.808,99
Fornecimento de terra, incluindo escavação e transporte	m <sup>3</sup>	1.154	4,64	5.360,01
Compactação mecânica de solo	m <sup>3</sup>	1.154	1,65	1.907,90
Remoção de solo até distância média de 10km	m <sup>3</sup>	96.190	3,11	299.103,20
Bola fora e espalhamento do material	m <sup>3</sup>	96.190	0,87	83.470,66
<b>Estruturas</b>				
Concreto estrutural	m <sup>3</sup>	939	69,50	65.250,48
Fornecimento e aplicação aço CA-50	kg	82.861	0,81	66.768,00
Forma comum, exclusive cimbramento	m <sup>2</sup>	2.536	8,17	20.726,16
Cimbramento de altura maior que 3m	m <sup>3</sup>	202	6,08	1.225,64
Estaca de concreto para 30 ton.	m	194	17,71	3.443,17
Fornecimento e colocação de geotêxtil OP-30 ou MT300 com 300g/m <sup>2</sup> ou similar	m <sup>2</sup>	998	1,19	1.185,11
Fornecimento e colocação de gabião tipo colchão Reno	m <sup>2</sup>	560	15,06	8.434,71
Fornecimento e colocação de gabião caixa	m <sup>3</sup>	586	58,94	34.539,49
Fornecimento e assentamento de paralelepípedo	m <sup>2</sup>	4.320	14,40	62.211,57
<b>Equipamentos e dispositivos acessórios</b>				
Fornecimento e colocação de grade de retenção	Vb	1	16528,93	16.528,93
<b>Paisagismo e urbanização</b>				
Plantio de grama em placas	m <sup>2</sup>	21.600	1,66	35.925,62
Gradil de ferro, incluindo pintura	m	691	159,19	110.000,29
Implantação de passeio de concreto	m <sup>2</sup>	829	18,14	15.045,00
<b>sub-total</b>				1.892.061,56
<b>Serviços eventuais (15%)</b>				283.809,23
<b>Total dos serviços</b>				2.175.870,79
<b>Custos indiretos</b>				
Projetos (6%)				130.552,25
Canteiro de obras (2%)				43.517,42
BDI (40%)				870.348,32
<b>Total dos custos indiretos</b>				1.044.417,98
<b>Total geral</b>				3.220.288,77

Fonte: DAEE,1999

### 87.6 Inclusão das bacias de detenção no plano de macrodrenagem

No estado de Alagoas na cidade de Maceió foi apresentado por Pedrosa e Tucci, 1998 um estudo de macrodrenagem da bacia do Tabuleiro com área de 40 km<sup>2</sup>.

A bacia foi dividida em 9 subbacias e usado o modelo SCS (*Soil Conservation Service*).

Foram usados períodos de retorno de 5anos, 10anos, 25anos e 50anos. Foram feitas comparações do modelo usando o sistema tradicional com canais e galerias e de um novo modelo, usando reservatórios de detenção. Foram feitas 4 alternativas onde a inclusão das bacias de detenção, reduzindo a dimensão dos condutos de jusante, de modo a diminuir os custos do sistema de drenagem.

### Exemplo 87.2 Caso do piscinão do Pacaembu na praça Charles Muller em São Paulo

O custo estimado do reservatório de detenção coberto com volume de 74.000m<sup>3</sup> foi de US\$ 8 milhões.

Caso fosse feito a alternativa convencional em galerias além dos problemas de tráfego seriam gastos US\$ 20 milhões. O prazo da obra seria de 2 anos e a interrupção do tráfego por atraso médio de 15 minutos ocasionaria prejuízo mensal de US\$ 700 mil/ mês (Canholi, 1994 Revista de Engenharia do Instituto de Engenharia de São Paulo).

Caso fosse feito um túnel ao invés da galeria, o custo da mesma seria de US\$ 35 milhões.

É importante observar que foram verificadas varias alternativas para a escolha definitiva do reservatório de detenção.

### 87.7 Benefícios

Para a análise dos benefícios vamos usar os estudos do DAEE contido no diagnóstico do ribeirão dos Meninos em São Paulo de 1999.

Provavelmente, a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de uma obra de drenagem urbana constitui-se numa das atividades mais complexas dentro do planejamento destas ações. Isto porque a tangibilidade de tais benefícios é restrita.

Um dos enfoques mais adotados refere-se à quantificação dos danos evitados quanto aos bens, propriedades, atrasos nos deslocamentos e demais prejuízos.

As questões relativas aos benefícios decorrentes da redução nos índices de doenças e mortalidade, melhoria das condições de vida e impactos na paisagem são de quantificação bem mais difícil, porém mesmo assim deve ser buscada a sua avaliação.

Alternativa para a definição dos benefícios monetários do controle das inundações consiste numa simulação do mercado. A simulação consiste na verificação de quanto os indivíduos atingidos estariam dispostos a pagar, para prevenir os danos que as inundações provocam. Essa quantia seria igual, no máximo, ao dano esperado na área.

Os danos são estabelecidos através de uma avaliação feita na área inundada, incluindo os seguintes itens: danos causados às edificações, equipamentos, produção, processo produtivo, pessoas e bens em geral. Outros danos a serem levados em conta são os que, apesar de não serem da área diretamente afetada, atingem tanto o processo produtivo como as pessoas da comunidade, através de sobrecargas no sistema viário, e equipamentos públicos fora da área afetada, por aumento de tempo e de custo dos deslocamentos.

### 87.8 Benefícios anuais de evitar os danos diretos

Os danos da área diretamente afetada podem ser estimados a partir de danos históricos levantados na área inundada em estudo ou, mais expeditamente, através de fórmulas empíricas definidas para situações de inundação similares.

Os danos indiretos são quase sempre estimados como uma fração do dano direto, através de percentuais definidos em levantamentos realizados em vários episódios de inundação pesquisados.

Em levantamentos realizados no Brasil, por Vieira (1970) e pela COPLASA, para o DAEE (1969), os danos indiretos estimativos são da ordem de 20% dos danos diretos totais.

No trabalho de KATES: "Industrial Flood Losses: damage estimation in Leligh Valley", citado nos trabalhos de JAMES e LEE (1971), os danos indiretos estimados como uma porcentagem dos danos diretos, de acordo com o tipo de ocupação. Na Tabela (87.3) são apresentadas estas percentagens.

**Tabela 87.3- Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos**

Ocupação	Percentual de danos indiretos sobre danos diretos
Área residencial	15
Área comercial	37
Industrial	45
Serviços	10
Propriedades públicas	34
Agricultura	10
Auto Estradas	25
Ferrovias	23
Médias	25

Fonte: DAEE,1990

Em áreas de grande circulação de veículos é importante considerar os custos de interrupção ou atraso no tráfego.

Com relação à definição dos danos diretos, uma das formas mais práticas é a *equação do dano agregado*, desenvolvida por James e Lee, 1971, citada por Tucci,1994 e Canholi,1995.

Nesta equação, apresentada a seguir, é suposto que os danos diretos em edificações nas áreas urbanas, incluindo o conteúdo, e áreas adjacentes tais como jardins e quintais, variem linearmente com a altura da inundação e com o coeficiente  $K_d$ . Supõe-se crescimento linear para áreas de inundações pouco profunda.

$$C_d = K_d \cdot M_e \cdot h \cdot A \quad \text{(Equação 87.1)}$$

onde:

$C_d$  = dano direto. O custo indireto usado comumente no Brasil é de 20% daí  $C_d \times 1,2$  será o custo direto mais o custo indireto;

$K_d = 0,15/m$  = fator determinado pela análise dos danos de inundações ocorridas ou seja dos dados históricos JAMES e LEE (1971). O valor de  $K_d$  é obtido pela relação entre os danos marginais em relação à profundidade  $h$  (Canholi,1995). O valor original de James e Lee, 1971 é  $K=0,044/ft$  que está nas unidades inglesas e passando para as unidades SI temos o valor  $K_d=0,15/m$ .



$M_e$  = valor de mercado das edificações por unidade de área. No caso do ribeirão dos Meninos  $M_e = \text{US\$ } 310,00/\text{m}^2$  no trecho da av. Faria Lima e  $M_e = \text{US\$ } 154,996/\text{m}^2$  no trecho a montante da galeria;

$h$  = profundidade média da inundação;

$U$  = proporção entre a área de ocupação da área de ocupação desenvolvida e a área total inundada;

$A$  = área inundada.

Serão adotados os seguintes critérios para a definição dos benefícios monetários decorrentes do controle das inundações:

- Para o cálculo do valor do benefício anual, consideraram-se dois tipos de inundação, com suas respectivas alturas médias de lâmina d'água e periodicidade de ocorrência.

. Área de inundação 1:

inundada duas vezes por ano (anualmente a frequência será 2)

$A_1 = 578.000\text{m}^2$  (exemplo do ribeirão dos Meninos)

. Área de inundação 2 :

inundada uma vez a cada dez anos (anualmente a frequência será 0,1)

$A_2 = 1.400.000\text{m}^2$  (exemplo do ribeirão dos Meninos)

Também foi considerado um evento anual, no qual a inundação provoca danos somente no tráfego (exemplo do ribeirão dos Meninos).

Parâmetros adotados:

Valor de mercado dos imóveis, por unidade de área ( $M_e$ ), igual a  $\text{US\$ } 310,00/\text{m}^2$  no trecho ao longo da av. Faria Lima (exemplo) e  $\text{US\$ } 154,96/\text{m}^2$  no trecho a montante da galeria. Neste custo está considerado o valor do terreno e da construção.

Custo indireto de 20% do custo direto, que reflete a experiência brasileira e fica próximo do valor médio encontrado por Kates;

A taxa média de ocupação adotada ( $U$ ) foi de 15% para o trecho a montante da galeria e de 40% para o trecho ao longo da av. Faria Lima (exemplo), que parece bastante representativa para a área sujeita a inundação.

### **87.9 Benefícios anuais de evitar os danos ocasionados ao tráfego**

Em áreas de grande circulação de veículos é importante considerar os custos de interrupção ou atraso no tráfego.

Devido à redução na velocidade média, se aceita em geral que se triplicam os custos normais de operação dos veículos, resultando os valores abaixo:

Veículos particulares  $\text{US\$ } 0,13/\text{km} \rightarrow \text{US\$ } 0,40/\text{km}$   $\text{US\$ } 0,27/\text{km}$  (DAEE,1999)

Veículos comerciais (caminhões)  $\text{US\$ } 0,77/\text{km} \rightarrow \text{US\$ } 2,32/\text{km}$   $\text{US\$ } 1,55/\text{km}$

O tempo perdido pelos passageiros dos veículos e motoristas durante as interrupções de tráfego pode ser economicamente quantificado da seguinte forma:

Veículos particulares  $\text{US\$ } 3,10/\text{h}/\text{passageiro}$  (DAEE,1999)

Ônibus e caminhões  $\text{US\$ } 1,03/\text{h}/\text{passageiro}$  (DAEE 1999)

Considerar-se-á a média de 1,5 passageiro por veículo particular e 50 passageiros por ônibus, assim como um período médio de tempo perdido de 2,5h para o evento de ocorrência bianual e de 3,5 para o evento de  $T_R=10$ anos (DAEE,1999).

Deve-se dispor das quantidades e tipos de veículos afetados em cada inundação, bem como o tempo de congestionamento para a determinação dos valores totais dos prejuízos.

Para imóveis residenciais: as perdas relativas aos imóveis dizem respeito aos possíveis danos materiais que devem ser avaliados como custo de reposição ou assimilados a uma perda de receita de locação devido ao risco de inundação. Em alguns estudos foi adotada uma perda de aluguel entre US\$ 10,00/ mês e US\$ 80,00/ mês, por residência com risco de inundação, de acordo com o tipo de construção.

### Exemplo 87.3

Como exemplo vamos citar o ribeirão dos Meninos. Em relação ao número total de veículos para a área afetada, serão adotados os seguintes valores, segundo dados da prefeitura municipal de São Bernardo do Campo (valores médios) :

- . Veículos particulares 8.260
- . Ônibus 4.900
- . caminhões 840

### Solução

Para se obter a primeira linha da Tabela (87.4).

Trata-se de trecho a montante da galeria com área de 427.280m<sup>2</sup>, mas a taxa média de ocupação adotada *U* é de 15% ou seja 0,15 então teremos:

$$427.280\text{m}^2 * 0,15 = 64.092\text{m}^2 \text{ que é a área que realmente será inundada}$$

Para esta área que será inundada e sendo a montante da galeria o preço da construção é de US\$ 154,96/m<sup>2</sup>.

Considerando o coeficiente  $Kd=0,15$  e considerando que a altura média de inundação é de 0,40m.

Considerando ainda que se multiplicarmos o valor por 1,20 já teremos embutido o custo indireto temos:

$$64.092\text{m}^2 \times \text{US\$ } 154,96/\text{m}^2 \times 0,40 \times 0,15 \times 1,20 = \text{US\$ } 715.076$$

**Tabela 87.4 - Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados)**

Trecho	Área A (m <sup>2</sup> )	Altura média de Inundação h (m <sub>2</sub> )	Ocupação U	Custo direto+custo indireto Cd x 1,20 (US\$)	Tráfego (US\$)	Soma dos custos das inundações mais tráfego (US\$)	Frequência. Inund.	Benefício Anual (US\$)
Montante da galeria	427.280	0,4	0,15	715.076	1.020.901	1.735.976	0,1	173.598
Av. Faria Lima	980.926	0,4	0,40	8.755.373	1.026.317	9.781.690	0,1	978.169
Montante da galeria	153.185	0,2	0,15	128.182	733.084	861.266	2	1.722.531
Av. Faria Lima	424.341	0,2	0,40	1.893.753	733.084	2.626.837	2	5.253.674
Montante da galeria	-				733.084	733.084	1	733.084
							<b>Total</b>	<b>8.861.056</b>

Fonte: DAEE, 1999 (1US\$=R\$ 1,936 outubro de 1999)

Vamos calcular os prejuízos causados no tráfego pelas inundações.

Consideramos que para cada inundação sejam prejudicados 8.260 veículos particulares e sendo a média de 1,5 passageiros/veículos e considerando e de 3,5h de tempo perdido para período de retorno de 10anos e sendo o custo por passageiro de US\$ 3,10 teremos:

$$8.260 \text{ veículos/inundação} \times 1,5 \text{ passag./veículo} \times 3,5 \text{ h/passag.} \times \text{US\$ } 3,1/\text{h} = \text{US\$ } 134.432,00$$

Para os ônibus teremos:

4.900 ônibus x 50 passag./ônibus x 3,5h/passag. x US\$1,03h/passag= US\$ 883.225

Para os caminhões teremos:

840 caminhões x US\$ 1,03/h/passag x 2,5h/passag x 1,5passag/caminhão=US\$3245

Em resumo os custos dos veículos, ônibus e caminhões será a soma de

US\$ 134.432,00 + US\$ 883.225 +US\$ US\$ 3.245 = US\$ 1.020.901

Portanto na Tabela (87.4) o valor na primeira linha relativa ao tráfego é de US\$1020.901

Os custos dos prejuízos devidos a inundações devem ser somados aos custos de perda de tempo das pessoas chamados de perdas no tráfego.

A soma deverá ser multiplicada pela frequência de inundação. Assim na primeira linha da Tabela (87.4) há inundação a cada dez anos e nas terceiras e quarta linhas há inundação duas vezes por ano.

Fazendo-se as obras teremos anualmente os benefícios de US\$ 8.861.056.

### 87.10 Análise benefício custo

Conforme Canholi,1995 é recomendado em projetos urbanos de macro-drenagem a *análise de benefício - custo* devido a necessidade de se definir em bases racionais os riscos do projetos; comparar as soluções alternativas; quantificar economicamente os custos e benefícios esperados e fornecer subsídios aos órgãos de decisão e definição das prioridades.

*Os benefícios podem ser primários e secundários.*

*Os benefícios primários* são definidos como os valores dos produtos e serviços que afetam diretamente o projeto, enquanto que os *benefícios secundários* são definidos como os benefícios macroeconômicos regionais de empregos e despesas que podem ser atribuídos ao projeto.

*Os efeitos podem ser tangíveis e intangíveis.*

*Os efeitos intangíveis* são aqueles que não são suscetíveis de uma avaliação monetária, tais como a inundação de uma igreja ou um monumento histórico. Vários projetos nos Estados Unidos foram inviabilizados por não terem prestado atenção aos efeitos intangíveis.

A análise de benefício-custo faz parte do denominado “*Sub-committee on evaluation standards, inter agency committee on water resources, proposed practices for economic analysis of rivers basin projects*, Washington, DC, may 1958 - *Green Book*” elaborado pela *Harvard* e muito usado nos Estados Unidos e sendo bastante divulgado no Brasil pelo professor dr. José Meiches da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1966.

Os grandes problemas que houve com análise de benefício-custo (Holmes, 1972 *in* Moreau, 1996 *in* Mays,1996) foram:

- Estimativa exagerada dos benefícios e estimativa muito baixa de custos dos planejadores;

- O uso exagerado dos *benefícios secundários* para justificar os projetos,

- Tratamento inadequado dos benefícios e custos intangíveis;

- Falhas na avaliações das alternativas, especialmente das *alternativas não estruturais* para controle de inundação.

O conceito de análise de benefício-custo é usado nos Estados Unidos desde 1920, sendo elaborados 308 projetos de 1920 a 1930.

A definição exata de benefício e custo só foi feita em 1936, conforme o *Flood Control Act*.

Em 1950 foi criado por um comitê o famoso *Green Book* com *Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects*. Em 1958 o *Green Book* foi revisado.

Em 1977 o presidente *Carter* nos Estados Unidos irritou o Congresso dos Estados Unidos, exigindo estudos de análise de benefício-custo em 60 projetos autorizados pelo Congresso.

Os estudos de análise de benefício/custo foram feitos pelo *USACE (US Army Corps of Engineers)* e *USGS (US Geological Survey)* que recusaram 19 projetos e 14 projetos questionáveis foram colocados de lado (Professor *David H. Moreau* capítulo 4 in *Water Resources Handbook, Larry W. Mays, 1996*).

Quando *Ronald Reagan* assumiu a presidência nos Estados Unidos abandonou a recusa dos projetos baseados somente nos princípios de benefício-custo. Estabeleceu que "os objetivos nacionais do desenvolvimento econômico consiste em proteger o meio ambiente da nação".

Até hoje a análise de benefício-custo é usada com bastante critério, para que não se cometam as falhas de uma superestimação dos benefícios e subestimação dos custos.

Existem três maneiras práticas de se tratar com análise de benefício-custo. A primeira é maximizar as diferenças de custos, a segunda é maximizar a relação benefício/custo e a terceira é minimizar a relação custos/benefícios, usada pelo DAEE de São Paulo.

Máximo relação (benefícios / custos)

Máxima diferença (benefícios - custos)

Mínima relação (custos / benefícios)

#### Exemplo 87.4- ribeirão dos Meninos

Sendo o custo da obra de US\$ 24.982.585 e considerando juros de 12% ao ano e período de 20 anos, o fator anual de recuperação do capital será (*Mays e Tung, 1992 p.25*).

$$\text{fator} = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

sendo:

n=20anos

juros anual = i = 0,12 (12% ao ano)

$$(1+i)^n = (1+0,12)^{20} = 9,65. \text{ Fazendo-se as contas obtemos}$$

$$\text{fator} = 0,13$$

e sendo o custo das obras de US\$ 24.982.585 para  $T_R=25$ anos, o valor da amortização anual será : US\$ 24.982.585x 0,13 = US\$ 3.247.736/ano

Considerando que os benefícios são US\$ 8.861.597 e a relação benefício / custo será igual a :  $B / C = US\$ 8.861.597 / US\$ 3.247.736 = 2,73$

onde:

B = benefício anual da alternativa (US\$)

C = custo anual do Investimento (US\$)

Portanto, com base na Tabela (87.4), tem-se a relação benefício/custo de 2,73 para  $T_R=25$ anos.

### 87.11 Definições

Vamos complementar algumas definições usadas:

Definição de **Cost-Effectiveness Analysis**: que somente acha o mínimo custo, pois os benefícios são iguais. O melhor exemplo é quando temos de fazer uma estrada para uma pequena cidade. Podemos passar a estrada pelo lado direito ou pelo lado esquerdo. A escolha cairá sobre o menor custo, pois em qualquer caso o benefício será o mesmo.

Para **cost-effectiveness analysis** podemos usar o método de análise da vida útil onde comparamos as alternativas, sendo os benefícios os mesmos. Neste método trazemos tudo para o valor presente.

Definição de **Análise de Impacto**: neste caso a avaliação é somente qualitativa.

Definição de **Análise de Benefício/Custo**: onde se obtém o mínimo custo para os objetivos traçados.

A definição da relação **Benefício/Custo** significa que devemos ter a máxima razão do valor presente dos benefícios pelo valor presente dos custos.

O máximo **net present value** critério significa a máxima diferença de custos do valor presente entre os benefícios e os custos.

Na Tabela (87.5) temos exemplos da aplicação da relação B/C e do Net present value.

No caso optariamos pela relação B/C=1,5 como a melhor alternativa.

**Tabela 87.5- Exemplos de B/C e net present value**

<b>Projetos</b>	<b>Valor presente dos custos</b>	<b>Valor presente dos benefícios</b>	<b>Net present value</b>	<b>Razão Benefício/Custo</b>
<b>A</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>50</b>	<b>1,5</b>
<b>B</b>	<b>200</b>	<b>275</b>	<b>75</b>	<b>1,375</b>

Quando o **net present value** for negativo a alternativa deve ser desprezada, a não ser que haja justificativa ambiental forte para a escolha.

### 87.12 Engenharia economica: valor presente

**Juro** é a remuneração que o tomador de um empréstimo deve pagar ao proprietário do capital empregado. Quando o juro é aplicado sobre o montante do capital é juro simples.

**Inflação**: aumento persistente dos preços em geral, de que resulta uma continua perda do valor aquisitivo da moeda.

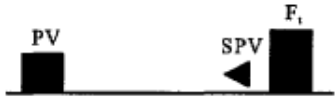
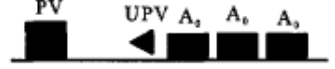

<b>Present-Value Formulas and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis.</b>	
<p><b>PV formula for one-time amounts</b></p> <p>The <b>Single Present Value (SPV)</b> factor is used to calculate the present value, PV, of a future cash amount occurring at the end of year t, F<sub>t</sub>, given a discount rate, d.</p> $PV = F_t \times \frac{1}{(1+d)^t}$	$PV = F_t \times SPV_{(t,d)}$  <p>The <b>SPV</b> factor for d = 3% and t = 15 years is <b>0.642</b>.</p>
<p><b>PV formula for annually recurring uniform amounts</b></p> <p>The <b>Uniform Present Value (UPV)</b> factor is used to calculate the PV of a series of equal cash amounts, A<sub>0</sub>, that recur annually over a period of n years, given d.</p> $PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = A_0 \times \frac{(1+d)^n - 1}{d(1+d)^n}$	$PV = A_0 \times UPV_{(n,d)}$  <p>The <b>UPV</b> factor for d = 3% and n = 15 years is <b>11.94</b>.</p>
<p><b>PV formula for annually recurring non-uniform amounts</b></p> $PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \left( \frac{1+e}{1+d} \right)^t = A_0 \frac{(1+e)}{(d-e)} \left[ 1 - \left( \frac{1+e}{1+d} \right)^n \right]$ <p>The <b>Modified Uniform Present Value (UPV*)</b> factor is used to calculate the PV recurring annual amounts that change from year to year at a <b>constant</b> escalation rate, e (i.e., A<sub>t+1</sub> = A<sub>t</sub> x (1+e)), over n years, given d. The escalation rate can be positive or negative.</p>	$PV = A_0 \times UPV^*_{(n,d,e)}$  <p>The <b>UPV*</b> factor for e = 2%, d = 3%, and n = 15 years is <b>13.89</b>.</p>

Figura 87.1- Sumário dos fatores de desconto conforme Fuller et al, 1996

**Valor presente simples (SPV).**

Vamos supor que no fim de 5 anos aplicamos US\$ 100 a taxa de juros de 5%. O valor presente não será US\$ 100,00 e sim US\$ 78,35 a ser calculado da seguinte maneira.

$$SPV = Ft / (1 + d)^t$$

Figura (87.1)

Sendo:

SPV = valor presente em US\$

Ft = valor pago no tempo "t" em US\$

d = taxa de juros anuais em fração.

t = tempo em anos

### Exemplo 87.5

Calcular o valor presente da aplicação de  $F_t = \text{US\$ } 100,00$  daqui a  $t=5$  anos sendo a taxa de juros de 5% ( $d=0,05$ ).

$$\begin{aligned} \text{SPV} &= F_t / (1 + d)^t \\ \text{SPV} &= 100 \times [1 / (1 + 0,05)^5] \\ \text{Fator} &= 0,7835 \\ \text{SPV} &= 100 \times 0,7835 = \text{US\$ } 78,35 \end{aligned}$$

Isto significa que o investidor do dinheiro poderá receber US\$ 78,35 a vista ou US\$ 100,00 daqui a 5 anos.

### Valor presente Uniforme (UPV)

O valor presente uniforme é usado como se fosse uma série de valores iguais que são pagos durante um certo número de anos e o valor presente uniforme será:

$$\text{UPV} = A_o \cdot [(1+d)^n - 1] / [d \cdot (1+d)^n] \quad \text{Figura (87.1)}$$

Sendo:

UPV= valor presente uniforme em dólares

$A_o$ = aplicação anual constante em dólares

$d$ = taxa de juros anual em fração

$n$ = número de anos

### Exemplo 87.6

Calcular o valor presente uniforme da aplicação de US\$ 100,00 por ano durante 20 anos a taxa de juros 3% ao ano.

$$\begin{aligned} \text{UPV} &= A_o \cdot [(1+d)^n - 1] / [d \cdot (1+d)^n] \\ \text{UPV} &= 100 \cdot [(1+0,03)^{20} - 1] / [0,03 \cdot (1+0,03)^{20}] \\ \text{UPV} &= 100 \times 14,88 = \text{US\$ } 1488,00 \end{aligned}$$

### Valor presente Uniforme Modificado (UPV\*)

Quando a aplicação anual  $A_1, A_2, A_3$ , etc vai aumentando por um fator constante, por exemplo,  $e=2\%$

$$\text{UPV}^* = A_o \cdot [(1+e)/(d-e)] \times \{ 1 - [(1+e)/(1+d)]^n \} \quad \text{Figura (87.1)}$$

Sendo:

UPV\*= valor presente uniforme modificado em dólares

$A_o$ = aplicação anual constante em dólares

$d$ = taxa de juros anual em fração

$n$ = número de anos

$e$ = fator constante de aumento do valor  $A_1, A_2, A_3, \dots$

### Exemplo 87.7

Calcular o valor presente uniforme da aplicação de US\$ 100,00 por ano durante 15 anos a taxa de juros 3% ao ano e fator constante de aumento  $e=2\%$ .

Valor presente Uniforme Modificado (UPV\*)

$$\begin{aligned} \text{UPV}^* &= A_o \cdot [(1+e)/(d-e)] \times \{ 1 - [(1+e)/(1+d)]^n \} \\ \text{UPV}^* &= A_o \cdot [(1+0,02)/(0,03-0,02)] \times \{ 1 - [(1+0,02)/(1+0,03)]^{15} \} \\ \text{UPV}^* &= A_o \times 13,89 \\ \text{UPV}^* &= 100 \times 13,89 = \text{US\$ } 1389,00 \end{aligned}$$

### Exemplo 87.8

Calcular o valor presente Uniforme Modificado (UPV\*) da manutenção anual de US\$ 100,00 que sofre um acréscimo de 2% ao ano durante 5 anos a juros de 3% ao ano.

$$\begin{aligned}UPV^* &= Ao \cdot \left[ \frac{(1+e)}{(d-e)} \right] \times \left\{ 1 - \left[ \frac{(1+e)}{(1+d)} \right]^n \right\} \\UPV^* &= Ao \cdot \left[ \frac{(1+0,02)}{(0,03-0,02)} \right] \times \left\{ 1 - \left[ \frac{(1+0,02)}{(1+0,03)} \right]^5 \right\} \\UPV^* &= 100 \times 4,8562 = US\$485,62\end{aligned}$$

### Inflação

A taxa de juros  $d$  pode ser considerada usando a taxa de inflação  $I$  e a taxa nominal de desconto  $D$  conforme a equação de D. Rather in Fuller, et al, 1996.

$$d = \left[ \frac{(1+D)}{(1+I)} \right] - 1$$

Sendo:

$d$  = taxa de juro real anual (com desconto da inflação)

$D$  = taxa de juro nominal anual

$I$  = taxa de inflação

### Exemplo 87.9

Calcular a taxa de juro real fornecida a inflação de  $I=4,0\%$  e a taxa de juro nominal anual de  $D=9,25\%$  para junho de 2009 no Brasil.

$$\begin{aligned}d &= \left[ \frac{(1+D)}{(1+I)} \right] - 1 \\d &= \left[ \frac{(1+0,0925)}{(1+0,04)} \right] - 1 = 0,0505\end{aligned}$$

### Preço futuro

O preço futuro  $C_t$  com referência ao preço base  $C_o$  é fornecido pela equação:

$$C_t = C_o (1 + E)^t$$

Sendo:

$C_t$  = custo futuro em dólares

$C_o$  = custo atual em dólares

$E$  = taxa nominal de juros em fração

$t$  = período de tempo que geralmente é em anos

### Exemplo 87.10

Calcular o custo futuro daqui a 10anos para o custo atual de US\$ 1000,00 sendo a taxa nominal de juros de 3%.

$$\begin{aligned}C_t &= C_o (1 + E)^t \\C_t &= 1000 \times (1 + 0,03)^{10} = US\$ 1.344,00\end{aligned}$$



### 87.13 Bibliografia e livros consultados

-CANHOLI, ALUÍSIO PARDO. *O reservatório para controle de cheias da av. Pacaembu*, Revista do Instituto de Engenharia número 500 de 1994. São Paulo: IE, 1994.

-DAEE- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê, São Paulo: dezembro 1998.

-DAEE- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê. Diagnóstico do rio Alto Tietê entre barragem Edgard de Souza e barragem da Penha, rio Aricanduva, córrego Pirajussara, córrego dos Meninos, rio Baquirivu-guaçu*, São Paulo: <http://www.dae.sp>

-JAMES, L. DOUGLAS e LEE, ROBERT R. *Economics of water resources planning*. Editora McGraw-Hill, 1971, 615 páginas.

-MEICHES, JOSÉ. *Contribuição para o estudo do aproveitamento para finalidades múltiplas de cursos de água. Revisão geral dos problemas associados à utilização de recursos hídricos*. São Paulo, 1966, EPUSP, 133 p.s. Tese apresentado a EPUSP em 1966.